

PROSIDING SEMINAR NASIONAL RISET TEKNOLOGI TERAPAN: 2021.
e-ISSN: 2747-1217

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS DAN PERFORMA PADA SIRIP MESIN SEPEDA MOTOR DENGAN MEMVARIASIKAN KECEPATAN UDARA

Ahmad Faizal¹, Slamet Wahyudi², Femiana Gapsari³

^{1,2,3}Universitas Brawijaya

E-mail; ahmatfaizal@gmail.com¹, slamet_w72@ub.ac.id², memi_kencrut@ub.ac.id³

ABSTRAK

Mesin sepeda motor berpendingin udara melepaskan panas ke atmosfer melalui mode konveksi paksa, sirip komponen penting untuk meningkatkan laju perpindahan panas disediakan di permukaan luar blok silinder. Laju perpindahan panas tergantung pada geometri sirip, permukaan sirip, ketebalan sirip, jarak antara sirip, kecepatan udara dan suhu sekitar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis laju perpindahan panas pada sirip mesin sepeda motor dengan memvariasikan kecepatan udara dari 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam. Model ini dibuat dengan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2020 dan disimulasikan Autodesk Computational Fluid Dynamics 2019. Hasil dari berbagai tingkat perpindahan panas meningkatkan efisiensi dan efektivitas sirip sepeda motor seperti yang ditunjukkan oleh distribusi suhu. Penurunan temperatur signifikan yang terjadi $\pm 20\%$ membuktikan bahwa kecepatan udara sangat penting meningkatkan laju perpindahan panas dan performa mesin sepeda motor.

Kata kunci : kecepatan udara, konveksi paksa, laju perpindahan panas, sirip sepeda motor, CFD.

ABSTRACT

Air-cooled motorcycle engines release heat into the atmosphere through forced convection mode, fins an important component for increasing the rate of heat transfer provided on the outer surface of the cylinder block. The rate of heat transfer depends on the geometry of the fin, the surface of the fin, the thickness of the fin, the distance between the fins, the air velocity, and the ambient temperature. The purpose of this study was to analyze the rate of heat transfer on motorcycle engine fins by varying air velocity from 60 km/h, 80 km/h, and 100 km/h. This model was created by using Autodesk Inventor Professional 2020 and simulated Autodesk Computational Fluid Dynamics 2019. The result of varying degrees of heat transfer improves the efficiency and effectiveness of motorcycle fins as indicated by the temperature distribution. The significant temperature drop that occurred $\pm 20\%$ proves that air velocity is very important to increase the rate of heat transfer and the performance of motorcycle engines.

Keywords: air velocity, forced convection, heat transfer rate, motorcycle fins, CFD.

PENDAHULUAN

Transportasi semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan hidup masyarakat akan transportasi yang cepat dan mudah. Salah satu sarana transportasi yang dapat membantu adalah kendaraan bermotor [1]. Kendaraan bermotor dengan mesin pembakaran dalam untuk menghasilkan energi melakukan proses pembakaran. Proses

pembakaran itu berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan *overheating*. Hal ini memerlukan studi rinci untuk mendinginkan mesin pada temperatur kerja yang ideal dengan sistem pendingin. Sirip adalah komponen penting untuk meningkatkan koefisien panas konveksi dan laju perpindahan panas melepaskan panas ke atmosfer melalui konveksi paksa. Laju perpindahan panas tergantung pada kecepatan angin, geometri, luas permukaan dan suhu lingkungan. Tujuan utama dalam

penelitian ini adalah untuk meningkatkan laju perpindahan panas dengan memvariasikan kecepatan angin untuk meningkatkan performa mesin sirip sepeda motor dilakukan pendekatan komputerisasi menggunakan *software* CFD.

Ada banyak literatur yang membahas perpindahan panas dengan mode konveksi paksa pada sirip sepeda motor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Babu [2] secara eksperimen dan simulasi pada Sepeda Motor Honda 100cc untuk menganalisis sifat termal dengan memvariasikan geometri, material dan ketebalan sirip silinder. Bentuk geometri siripnya persegi panjang model dibuat dengan memvariasikan bentuk geometri seperti melingkar dan melengkung serta ketebalan sirip standar adalah 3mm, diperkecil ketebalan sirip menjadi 2,5 mm pada setiap bentuk geometrinya. Material aluminium paduan 204 yang memiliki konduktivitas termal 110-150 W/m•k dalam pengujian ini divariasikan dengan aluminium paduan 6061 dan magnesium yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Untuk pengujian simulasinya digunakan perangkat lunak *PRO/ENGINEER* pada pemodelan 3D dan analisis dilakukan dengan menggunakan ANSYS. Dengan memvariasikan bentuk geometri dan mengurangi ketebalannya serta memvariasikan material maka berat badan sirip berkurang sehingga meningkatkan efektifitas dan efisiensinya. Hasil analisis termal yang diperoleh pada penelitian ini bentuk sirip melengkung lebih baik daripada bentuk geometri lainnya dan material Aluminium Alloy 6061 dengan memperkecil ketebalan sirip 2,5mm lebih baik karena laju perpindahan panas lebih tinggi.

Dengan mengubah ketebalan sirip dan mengubah material bentuk geometri sirip yang dibandingkan dengan mesin yang memiliki ketebalan sirip dan bentuk geometrinya itu dapat menambah laju perpindahan panas sehingga meningkatkan laju pembuangan panas pada sirip akan meningkatkan efisiensi mesin. Penelitian ini dilakukan oleh Dubey., et al [3] secara simulasi pada Sepeda Motor Kaliber Bajaj 115cc untuk menganalisis termal dengan memvariasikan material, ukuran celah dan panjang serta ketebalan pada sirip. Material yang digunakan adalah Aluminium Alloy

204 yang memiliki konduktivitas termal 120 W/m•k divariasikan dengan Aluminium Alloy 2014, Aluminium Alloy 6061 dan Aluminium Alloy C443 yang memiliki konduktivitas termal yang jauh lebih tinggi 140-200 W/m•k. Bentuk geometri siripnya persegi panjang dengan tebal berbentuk kurva 3mm diperkecil menjadi 2,5mm memiliki celah yang divariasikan yaitu 5mm, 7,5mm dan 10mm di ujung sirip. Pemodelan 3D menggunakan perangkat lunak SolidWorks dan analisis menggunakan ANSYS. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi yang memperoleh hasil menggunakan bentuk geometri persegi panjang, dengan material Aluminium Alloy 2014 dengan lebar celah 7,5mm memiliki laju perpindahan panas yang tinggi diikuti material Aluminium Alloy 6061 dan Aluminium Alloy C443.

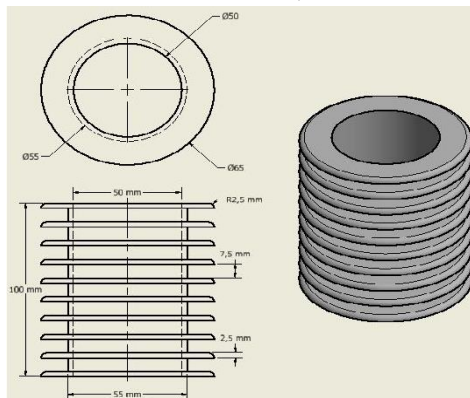
Ada beberapa faktor yang membuat laju perpindahan panas pada *fin* meningkat yaitu tergantung pada material, geometri sirip, kecepatan udara, suhu lingkungan, luas permukaan sirip dan lainnya. Pada penelitian (Sagar et al., 2017) dilakukan oleh Sagar., et al [4]-[5] secara eksperimen dan simulasi yang membandingkan udara melepaskan panas ke atmosfer melalui mode konveksi paksa dengan memvariasi bentuk geometri *fin* yaitu silinder, cekung dan cembung. Material yang digunakan adalah Aluminium Alloy 6061 yang memiliki konduktivitas termal 180 W/m•k dengan diameter silinder 28 mm dan panjang keseluruhan 10 mm. Temperatur di bagian dalam silinder ditetapkan pada 222°C selama pembakaran berlangsung dan koefisien perpindahan panas konveksi sebesar 22 W/m²•K. Pembuatan model 3D menggunakan perangkat lunak AUTODESK INVENTOR 2015 untuk analisisnya menggunakan perangkat lunak modern AUTODESK NASTRAN 2015. Dengan mengubah bentuk sirip maka laju perpindahan panas akan mengalami kenaikan, akan tetapi luas permukaan sirip juga mempengaruhi penurunan laju perpindahan panas. Pada penelitian ini hasil yang didapatkan bentuk geometri cembung lebih baik dibandingkan dengan geometri lainnya. Hal itu dapat terjadi karena dengan menggunakan sirip cembung dapat meningkatkan laju perpindahan panas dengan

luas permukaan yang sama.

Penelitian ini untuk menganalisa distribusi suhu perpindahan panas mode konveksi paksa pada sirip mesin sepeda motor dengan memvariasikan kecepatan aliran udara untuk memperoleh hasil efisiensi dan efektivitas yang tepat agar performa mesin jauh lebih baik analisis dilakukan dengan metode simulasi.

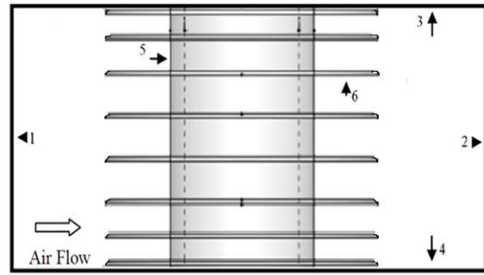
METODE

Mesin sirip sepeda motor terdiri dari tipe blok mesin Honda Absolute Revo 110cc. geometri *annular fin* berbentuk cembung dengan berdiameter silinder dalam 50 mm, diameter luar 55 mm, diameter fin 65 mm, panjang sirip 100 mm, material yang digunakan Aluminium 6061 memiliki konduktivitas termal $180 \text{ W/m}\cdot\text{k}$, ketebalan sirip 2,5 mm, celah antara fin 7,5 mm, radius kecekungan fin 2,5 mm, suhu dinding silinder dalam ditetapkan 150°C atau 423K saat pembakaran berlangsung seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1. Model fisik *motorcycle fin* dibuat dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2021.



Gambar 1. Model fisik *motorcycle fin*

Model fisik ditransfer ke aplikasi *Computational Fluids Dynamics* (CFD) untuk menjadi domain komputasi, menentukan properties material, kondisi batas (*boundary condition*), *initial condition* mendefinisikan properties fluida yang mewakili kondisi nyata atau kondisi kerja seperti dibawah ini :



Gambar 2. Model fisik *motorcycle fin*

Gambar 2. menunjukkan kondisi batas yang sesuai yang digunakan untuk menyelesaikan aliran panas melalui silinder. Kondisi batas yang diterapkan pada domain berakhir membantu dalam menjaga kontinuitas sebagai berikut ini :

- (1) Bagian masuk diberi variasi kecepatan kendaraan 60, 80 dan 100 km/jam. Kecepatan dan suhu udara yang masuk dipilih tergantung pada kasus yang sedang diselesaikan.
- (2) Bagian keluar diberi kondisi tekanan tetap 101.325 kPa yang merupakan tekanan atmosfer.
- (3) Bagian atas diberi suhu 30°C atau 303K yang merupakan temperatur lingkungan sekitar.
- (4) Bagian atas diberi suhu 30°C atau 303K yang merupakan temperatur lingkungan sekitar.
- (5) Bagian dinding silinder dalam diberi suhu 150°C atau 423K ditetapkan saat pembakaran berlangsung.
- (6) Bagian sirip ditetapkan sebagai daerah padat. Untuk selanjutnya diselesaikan dengan persamaan laju perpindahan panas.

Tabel 1. Kondisi batas (*boundary condition*)

Parameter	Satuan
Kecepatan angin	60, 80 & 100 (km/jam)
Suhu lingkungan	30°C atau 303K
Tekanan atmosfer	101.325 (kPa)
Arah arus	Kiri ke kanan
Suhu dinding dalam silinder	150°C atau 423K

2.1 Persamaan Simulasi

Pemecahan dalam *Computational Fluids Dynamics* (CFD) dengan menggunakan metode *Finite Volume Method* (FVM) dan dalam penelitian ini berbasis komputasi yang menggunakan persamaan aliran fluida

standar dan turbulensi dari Navier-strokes [6] sebagai berikut ini :

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + v \nabla \cdot (\rho v) = -\nabla P + \nabla \cdot \tau + F + \rho g$$

Untuk pemodelan perpindahan panas, persamaan energi diselesaikan berikut ini :

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (v(\rho E + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j J_j + (\tau \cdot v)) + S_h$$

Persamaan diatas digunakan untuk menentukan suhu di berbagai titik daerah fluida, persamaan diferensial tiga dimensi dapat diselesaikan untuk menghitung suhu pada permukaan sirip dan permukaan silinder dapat ditulis sebagai berikut ini :

$$\nabla^2 T + \dot{q}/k = 1/\alpha \frac{\partial T}{\partial t}$$

Dalam penelitian ini, laju perpindahan panas sama dengan nol atau $\dot{q} = 0$ karena tidak ada pembangkit panas bagian dalam dinding silinder, $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ diasumsikan kondisi tetap.

Persamaan yang mengatur melibatkan kekekalan massa, momentum, dan persamaan energi. Untuk aliran tiga dimensi yang linearisasikan dengan persamaan potensial untuk mencari tekanan dan kecepatan pada titik domain, aliran yang ditulis dalam koordinat Kartesius, dengan x melintang ke ujung, y dalam arah vertikal dan z ke arah sirip dan aliran digunakan bersama dengan persamaan kontinuitas, ditulis sebagai berikut ini :

Persamaan kontinuitas untuk aliran yang stabil dan dan tidak dapat dimampatkan :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Persamaan momentum :

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

dan

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)$$

Persamaan energi :

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

Terakhir untuk turbulensi didapatkan dengan menggunakan persamaan model Spalart-Allmaras yang paling tepat untuk aliran panas bagian luar silinder, dalam penelitian ini persamaan model diselesaikan untuk viskositas kinematik turbulen [7].

2.2 Metodologi CFD

Adapun metodologi CFD dalam penelitian ini, sebagai berikut ini :

- 1.) Impor geometri silinder bersirip ke aplikasi *Computational Fluids Dynamics* (CFD).
- 2.) Kembangkan domain fluida di sekitar geometri silinder untuk menangkap fisika aliran.
- 3.) Buat jaring elemen dan buat pemilihan nama untuk permukaan yang relevan dalam geometri.
- 4.) Atur detail model.
- 5.) Pilih material, Udara dan Aluminium.
- 6.) Terapkan kecepatan masuk, keluar tekanan dan suhu dinding silinder sebagai kondisi batas.
- 7.) Inisialisasi solusi dan *meshing*.
- 8.) Hitung solusi dengan secara bertahap meningkatkan jumlah iterasi sambil memantau residu.
- 9.) Tentukan hasil melalui CFD Post-processing.

2.3 Verifikasi

Persamaan eksperimental berdasarkan literatur untuk panas permukaan koefisien sirip perpindahan panas ditentukan perbandingan nilai koefisien perpindahan panas hasil simulasi dan persamaan eksperimental Yoshida [8] di bawah ini:

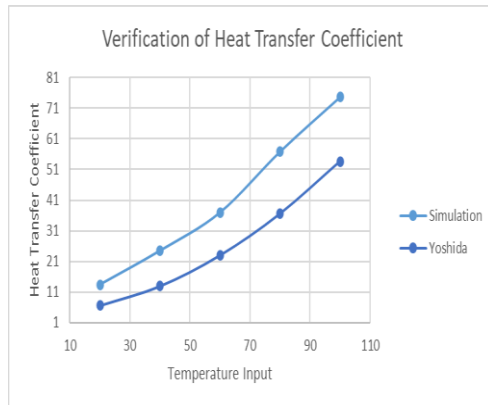
$$a_{avg} = (2.47 - 2.55/p^{0.4}) \times u^{0.9} \times 0.0872p + 4.31$$

Keterangan :

A_{avg} = Koefisien perpindahan panas rata-rata [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

p = Jarak sirip [mm]

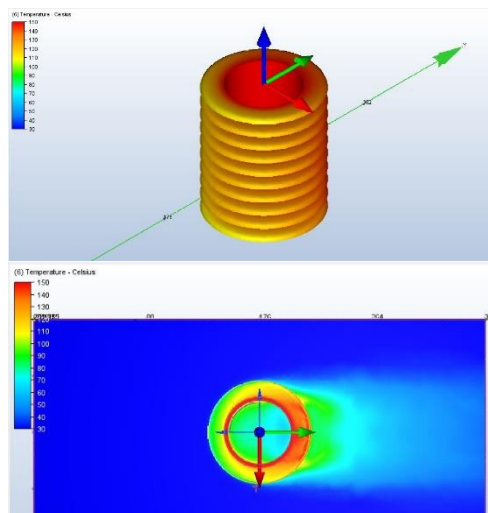
u = Kecepatan udara [km/jam]



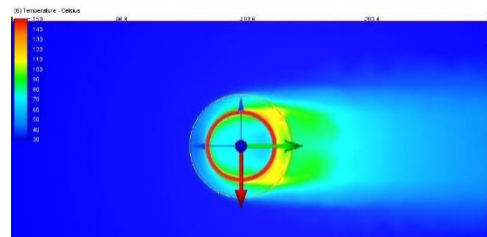
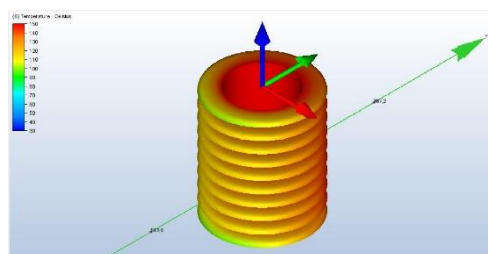
Gambar 3. Grafik verifikasi koefisien perpindahan panas pada sirip sepeda motor

HASIL DAN PEMBAHASAN

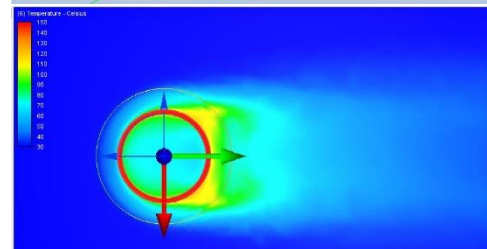
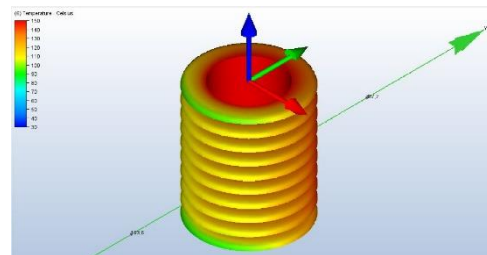
Distribusi suhu pada *motorcycle fin* dengan kecepatan 60, 80 dan 100 km/jam diperoleh pada kondisi yang berbeda dapat dilihat dengan kontur variasi suhu sepanjang permukaan sirip ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Distribusi suhu kecepatan 60 km/jam

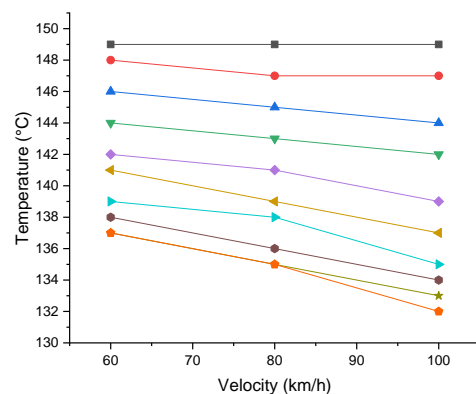


Gambar 5. Distribusi suhu kecepatan 80 km/jam



Gambar 6. Distribusi suhu kecepatan 100 km/jam

Gambar diatas menampilkan kontur suhu yang berbeda dikarenakan kecepatan angin dimodelkan dari hulu ke hilir, kecepatan angin mengalami kenaikan dan melewati permukaan sirip membawa panas keluar menuju ke udara luar dengan bersamaan itu terjadi penurunan temperature pada *motorcycle fin*.



Gambar 7. Grafik hubungan velocity terhadap temperature pada *motorcycle fin*

Gambar 7 menunjukkan bahwa kenaikan pada kecepatan kendaraan mempengaruhi penurunan temperatur *motorcycle fin*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya perbedaan temperatur dan kecepatan angin membawa panas dari hulu ke hilir, sehingga penurunan temperatur signifikan terjadi $\pm 20\%$. Penurunan temperatur yang terjadi dengan bertambahnya kecepatan udara akan meningkatkan laju perpindahan panas dan meningkat pula performa pada sirip mesin sepeda motor.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Computational Fluids Dynamics* (CFD) yang telah dilakukan, ada beberapa kesimpulan dari hasil distribusi suhu variasi kontur yang berbeda pada *motorcycle fin* sebagai berikut ini :

Dalam penelitian ini, dirancang sirip mesin sepeda motor dari tipe blok mesin Honda Absolute Revo 110cc dengan geometri *annular fin* berbentuk cembung dan Model fisik 3D sederhana *motorcycle fin* dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2021. Material digunakan Aluminium 6061 yang memiliki konduktivitas termal $180 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ dipilih karena tahan korosi, mengurangi bobot kendaraan dan konsumsi bahan bakar rendah sehingga performa mesin meningkat.

Hasil distribusi suhu menunjukkan tentang ketergantungan laju perpindahan panas dipengaruhi kecepatan angin yang berbeda. Penurunan temperatur signifikan terjadi $\pm 20\%$ dengan bertambahnya kecepatan angin akan meningkatkan laju perpindahan panas dan meningkat juga performa pada sirip mesin sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PP No. 79, "PP Republik Indonesia Number 79 Year 2013 On Traffic Network and Road Transport," Jar. Traffic And Transport. Way, no. Government regulations of the Republic of Indonesia, pp. 1–97,

- 2013.
- [2] G. Babu, "Heat Transfer Analysis and Optimization of Engine Cylinder Fins of Varying Geometry and Material," *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 24–29, 2013, doi: 10.9790/1684-0742429.
- [3] D. Dubey, D. Singh, A. Yadav, S. Pal, and H. Thakur, "Thermal Analysis of Engine Cylinder having thick tip fin with varying slot sizes and material," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 7636–7642, 2016, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.097.
- [4] P. Sagar, P. Teotia, A. D. Sahlot, and H. C. Thakur, "Heat transfer analysis and optimization of engine fins of varying surface roughness," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 8565–8570, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.203.
- [5] P. Sagar, P. Teotia, A. D. Sahlot, and H. C. Thakur, "Heat transfer analysis and optimization of engine fins of varying geometry," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 8558–8564, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.202.
- [6] M. and Versteeg, "An Introduction to Parallel Computational Fluid Dynamics," vol. 6, no. 4. 2005.
- [7] G. Juncu, "Brinkman-Forchheimer-Darcy Flow past an impermeable sphere embedded in a porous medium," *Analele Stiint. ale Univ. Ovidius Constanta, Ser. Mat.*, vol. 23, no. 3, pp. 97–112, 2015, doi: 10.1515/auom-2015-0050.
- [8] M. Yoshida, S. Ishihara, Y. Murakami, K. Nakashima, and M. Yamamoto, "Air-cooling effects of fins on a motorcycle engine," *JSME Int. Journal, Ser. B Fluids Therm. Eng.*, vol. 49, no. 3, pp. 869–875, 2006, doi: 10.1299/jsmeb.49.869.